

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: 79420028.7

51 Int. Cl.³: B 22 D 11/06

22 Date de dépôt: 08.06.79

30 Priorité: 19.06.78 FR 7818926

43 Date de publication de la demande:
23.01.80 Bulletin 80/2

64 Etats Contractants Désignés:
AT DE GB NL SE

71 Demandeur: MANUFACTURE METALLURGIQUE DE
TOURNUS
4, avenue de la Résistance
F-71700 Tournus(FR)

72 Inventeur: Klein, Dominique
14, rue du Port
F-80400 Ham(FR)

73 Mandataire: Pascaud, Claude et al,
PECHINEY UGINE KUHLMANN 28, rue de Bonnel
F-69433 Lyon Cedex 3(FR)

54 Procédé de fabrication de bandes composites par coulée continue et bandes ainsi obtenues.

57 Procédé de placage d'une bande d'un métal ayant un point de fusion et une résistance mécanique plus élevés que l'aluminium sur une face au moins d'une bande d'aluminium par coulée continue entre cylindres au moyen d'une busette, la bande à plaquer étant interposée entre le ou les cylindres et l'aluminium coulé.

La bande de métal de placage est au contact du cylindre au moins sur la portion entre la génératrice la plus proche de l'extrémité de la busette et celle située dans le plan des axes des cylindres. Le jeu entre la busette et la bande de placage appliquée contre le cylindre est inférieur à 1 mm et l'allongement du métal de placage est supérieur à 1 % et inférieur à celui de l'aluminium solidifié.

Application à la fabrication de bandes composites aluminium - cuivre ou aluminium-acier inoxydable.

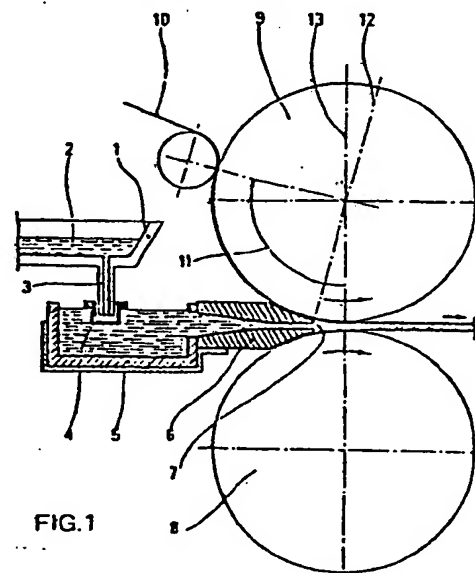


FIG. 1

EP 0 007 282 A1

- 1 -

TITRE MODIFIÉ
voir page de garde

PROCEDE DE FABRICATION DE BANDES COMPOSITES
PAR COULEE CONTINUE

La présente invention concerne un procédé de fabrication de bandes compos-
5 sites constituées d'une âme en aluminium revêtue sur une face ou sur les
deux faces d'un métal à point de fusion et à résistance mécanique sensi-
blement plus élevés que l'aluminium, par coulée continue entre cylindres
de l'aluminium, avec interposition entre le ou les cylindres de travail
et l'aluminium liquide d'une bande métallique de placage.

10 L'invention concerne également les bandes composites obtenues par un tel
procédé.

Dans tout ce qui suit, on désignera par "aluminium" soit un aluminium pur,
15 soit un alliage à base d'aluminium.

Le brevet français n° 1 364 758 délivré le 19 Mai 1964 décrit dans son
principe un procédé de coulée continue dans lequel le métal encore liqui-
de est introduit entre deux cylindres refroidis et où l'on interpose entre
20 ce métal liquide et les cylindres de travail une bande de métal de placage
qui est entraînée de façon continue avec le métal laminé et est ainsi
plaquée sur celui-ci.

Ce procédé visait essentiellement à plaquer sur une ébauche en aluminium
25 dont la surface présentait, du fait du faible taux de corroyage, une tex-
ture assez grossière, une bande d'aluminium présentant une résistance à
la corrosion améliorée et un état de surface de meilleure qualité ou se
prêtant mieux, en particulier, à des traitements d'oxydation anodique ou

de brillantage.

Mais les indications données dans ce brevet ne permettent pas de réaliser des placages avec un métal ayant des caractéristiques nettement différentes de l'aluminium, par exemple un placage d'acier inoxydable, qui donnent
5 une adhérence suffisante pour que la bande composite puisse être ultérieurement transformée.

On connaît, par ailleurs, divers procédés de coulée continue de l'aluminium
10 entre cylindres. Ainsi, le brevet français n° 1 198 006 délivré le 8 Juin 1959, ainsi que son certificat d'addition n° 74 839, décrivent un dispositif comportant un bac d'alimentation qui reçoit le métal fondu d'un four de coulée et une busette de profil aplati, destinée à répartir le métal suivant une bande de largeur donnée. L'extrémité de la busette est
15 engagée entre deux cylindres parallèles espacés l'un de l'autre. Le métal fondu sortant de la busette se refroidit et se solidifie au contact des cylindres refroidis et est entraîné sous forme d'une bande qui est soumise en raison de la courbure des cylindres, à une certaine pression. Lorsqu'elle a franchi le plan des axes des cylindres, la bande est enroulée sur
20 une bobineuse.

Ce procédé permet de produire des bandes d'aluminium dans une gamme d'épaisseurs allant de 1,5 mm à 20 mm d'épaisseur dans des conditions économiques avantageuses.

25 La présente invention a pour objet l'application de ce procédé de coulée continue pour obtenir, à la sortie des cylindres, des bandes plaquées comportant une âme en aluminium d'épaisseur comprise entre 1,5 mm et 20 mm et un placage sur une ou deux faces d'un métal ayant un point de
30 fusion et une résistance mécanique sensiblement plus élevés que l'aluminium, d'épaisseur comprise entre 0,1 et 1 mm, de façon à obtenir une excellente adhérence des deux composants.

L'invention permet d'obtenir des bandes composites susceptibles de subir
35 des transformations ultérieures, par exemple par emboutissage, dans de bonnes conditions, le coût de fabrication de ces bandes étant très nettement compétitif par rapport aux autres procédés de placage.

Le procédé selon l'invention consiste en la combinaison des caractéristiques suivantes :

- a) la bande de métal de placage est au contact du cylindre au moins sur la portion comprise entre la génératrice la plus proche de l'extrémité de la busette et le plan des axes des cylindres et, de préférence, sur un arc de contact supérieur à 30° .
- b) le jeu entre la busette et le cylindre entraînant le métal de placage n'excède pas de plus de 1 mm l'épaisseur de la bande de placage.
- c) la vitesse de coulée est telle que l'allongement du métal de placage est supérieur à 1 % tout en restant inférieur à celui de l'aluminium une fois solidifié.

Le métal de placage peut être, par exemple, le cuivre ou l'acier inoxydable. Dans le cas de l'acier inoxydable, l'allongement de la bande est compris de préférence entre 3 et 10 %.

La demanderesse a constaté, d'autre part, qu'aux conditions spécifiques de coulée assurant une excellente adhérence des composants du placage, on pouvait associer une structure métallurgique particulière de la couche d'aluminium solidifiée à la sortie des cylindres. En effet, cette couche présente dans ces conditions, en section longitudinale, des dendrites de solidification en forme d'arêtes de poisson, orientées dans le sens contraire de l'avance de la coulée, dont la direction moyenne forme, avec le plan de la bande, un angle inférieur à 85° et, de préférence, inférieur à 75° . Cette structure apparaît très clairement lorsque, par exemple, on traite la surface de la section par un réactif usuel pour macrographie;

Lorsqu'on opère un placage de même nature et de même épaisseur sur les deux faces de la bande, il va de soi que les conditions d'échange thermique entre la bande et les deux cylindres sont à peu près identiques. Dans ce cas, les dendrites sont donc approximativement symétriques par rapport au plan médian de la couche d'aluminium. Ce n'est évidemment plus le cas lorsque le placage n'est fait que sur une seule face. Dans ce cas, l'alignement des sommets des dendrites ne coïncide plus avec le plan médian mais est décalé vers la face plaquée.

On a constaté que, dans les conditions de coulée définies ci-dessus et

conduisant à une bonne adhérence des composants, le décalage par rapport au plan médian ne devait pas dépasser 10 % de la demi-épaisseur de la couche d'aluminium.

- 5 L'invention sera mieux comprise par la description détaillée faite au regard des figures annexées qui représentent :
- figure 1, un schéma général du dispositif de coulée continue permettant la fabrication de la bande composite selon l'invention,
 - figure 2, une section longitudinale d'une bande composite avec placage
- 10 sur une face faisant apparaître les dendrites de solidification.

La figure 1 représente un dispositif de coulée comprenant une goulotte (1) contenant l'aluminium liquide (2) muni d'un piquage (3) et d'un flotteur (4) permettant de maintenir un niveau constant de métal dans le bac d'alimentation (5). Celui-ci est en communication avec une busette

15 (6) présentant une extrémité effilée qui débite le métal fondu par son ajutage (7) sur une largeur égale à celle souhaitée pour la bande, entre les deux cylindres (8) et (9). Une bande de métal de placage (10) est déroulée de manière à venir au contact du cylindre (9) avec un arc de contact (11) au moins égal à celui compris entre la génératrice (12) la

20 plus proche de l'extrémité de la busette et le plan (13) des axes des cylindres. Il est intéressant que l'arc de contact soit assez important de manière à permettre le réchauffage de la bande de placage (10) et une désorption de l'humidité superficielle.

- 25 Pour favoriser l'opération de placage, on prépare la surface de la bande par les procédés connus tels que dégraissage, décapage, brossage, abrasion. Ainsi, la bande (10) peut être, avant son introduction au contact de l'aluminium, préalablement dégraissée et abrasée sur la face qui va être revêtue d'aluminium, par exemple par brossage, de façon à lui conférer une rugosité de l'ordre de 0,1 à quelques microns CLA environ. On a
- 30 constaté qu'il était souhaitable que l'opération d'abrasion se fasse juste avant le placage plutôt que de la faire dans une opération préalable. Par contre, l'autre face au contact du cylindre doit, de préférence, rester lisse pour ne pas détériorer l'échange thermique.

- 35 Pour obtenir un bon contact avec le cylindre (9), la bande (10) peut bien entendu être soumise à une traction, par exemple 5 à 100 MPa.

Le jeu entre l'extrémité de la busette et le cylindre (9) revêtu de la bande (10) doit être juste suffisant pour éviter un frottement trop important qui risquerait de détériorer la busette et un râclage du lubrifiant sur le cylindre non revêtu. Il doit être limité à 1 mm environ de manière à éviter une instabilité du ménisque d'alumine qui se forme dans ce jeu, ce qui serait préjudiciable à l'adhérence.

La limitation de ce jeu est obtenue par la précontrainte de la cage du laminoir de coulée à une valeur d'effort voisin de celui obtenu en fonctionnement qui contre-balance le jeu dû au cé dage.

Au passage entre les cylindres, l'aluminium se solidifie progressivement. Si la solidification est achevée avant sa sortie des cylindres à une épaisseur E, il subit en plus un laminage qui réduit son épaisseur à e. Le taux de réduction $\frac{E - e}{E} \times 100$ entre la sortie de la busette et la sortie des cylindres est généralement compris entre 10 et 40 %. La bande de placage est légèrement laminée en passant entre les cylindres. Une condition pour obtenir un placage correct est que l'allongement de la bande de placage soit supérieur à 1 % tout en restant inférieur à l'allongement de l'aluminium entre la fin de la solidification et la sortie des cylindres.

Quant à la vitesse d'avance, elle joue un rôle important.

La vitesse maximale théorique d'une coulée continue entre cylindres est celle pour laquelle le point le plus en avant du front de solidification, se trouve aux environs du plan des axes des cylindres.

En pratique, dans une coulée d'aluminium non plaqué, on opère à une vitesse un peu inférieure à cette vitesse théorique. Quand on introduit une bande de placage, on a constaté qu'il était nécessaire, pour obtenir un bon placage, de limiter davantage la vitesse de manière à conserver un taux de réduction suffisant du métal de base. Si l'on veut aller plus vite, on constate que la bande de placage, surtout lorsqu'elle est mince, a tendance à plisser vraisemblablement parce que, l'aluminium n'étant solidifié qu'au voisinage du plan médian, cette bande est moins bien appliquée contre le cylindre.

Le refroidissement de la bande composite à la sortie des cylindres se fait

simplement à l'air. Contrairement à l'enseignement du brevet français n° 1 364 758, on n'a pas intérêt, dans le cas du placage d'acier inoxydable, compte tenu des coefficients de dilatation différents de l'aluminium et l'acier, à refroidir rapidement, ce qui augmenterait les contraintes à l'interface entre les deux métaux. Au contraire, il vaut mieux que le refroidissement soit lent dans le domaine de température de 450 à 250°C environ pour que les dilatations soient résorbées par le fluage de l'aluminium. On peut le faire sans crainte d'apparition éventuelle de phases intermétalliques fragiles car on est dans une zone de température où ces phases ont peu de chances de se former rapidement. Le refroidissement devra être plus rapide au début dans le cas où le métal de placage est un alliage cuivreux.

Il est avantageux de faire, après le refroidissement de la bande, une passe de laminage qui permet d'améliorer l'adhérence du placage et conférer à l'aluminium des propriétés de métal corroyé qui sont généralement meilleures que celles du métal de fonderie.

On n'a évidemment pas intérêt à écrouir trop le métal de placage dans le cas où la bande composite doit être ultérieurement transformée, par emboutissage par exemple.

Cependant, le procédé permettant d'obtenir des bandes composites assez minces entre 1,5 et 6 mm, contrairement aux procédés de l'art antérieur, on peut utiliser directement la bande coulée sans laminage.

On a décrit ci-dessus un procédé permettant le placage d'une bande sur une face de la bande d'aluminium coulée. Si on veut obtenir une bande d'aluminium plaquée sur les deux faces, on déroule sur le cylindre (8) une bande métallique dans les mêmes conditions que la bande (10) sur le cylindre (9). Dans ce cas, la vitesse de coulée est légèrement inférieure à ce qu'elle serait pour un placage sur une seule face. Ce procédé s'applique quelle que soit l'inclinaison de l'axe des cylindres par rapport à la verticale.

La figure 2 montre l'aspect d'une section longitudinale d'une bande composite aluminium-acier inoxydable après décapage au réactif fluochlorotrique de macrographie. On voit apparaître, dans la couche d'aluminium,

des dendrites de solidification en forme d'arêtes de poisson, dont la direction moyenne forme, avec le plan médian de la bande un angle inférieur à 75° . En raison de la dissymétrie du revêtement, la ligne des sommets des dendrites se trouve légèrement décalée du côté du placage, 5 mais avec une excentration inférieure à 20 %.

Le procédé selon l'invention permet d'obtenir des bandes composites aluminium-métal avec un métal ayant un point de fusion et une résistance mécanique sensiblement plus élevés que l'aluminium et, plus particulière- 10 ment, des bandes composites aluminium-cuivre ou aluminium-acier inoxydable utilisables en particulier pour la fabrication d'ustensiles culinaires ou d'échangeurs de chaleur et ceci dans des conditions économiques particulière- lièrement intéressantes. L'adhérence entre les composants est excellente.

15 L'invention sera également illustrée par des exemples de réalisation non limitatifs :

Exemple 1 :

De l'acier inoxydable austénitique selon la désignation AISI 304 de 0,3 20 mm d'épaisseur est plaqué sur de l'aluminium 1050 de 10 mm d'épaisseur par coulée continue entre cylindres de 600 mm de diamètre. Après dégrais- sage, l'acier inoxydable est brossé à la brosse métallique de façon à obtenir une rugosité de l'ordre de 1 micron CLA, puis placé dans l'inter- valle de 1 mm environ entre le cylindre et l'extrémité de la busette 25 d'alimentation de l'aluminium.

La bande d'acier inoxydable enveloppe le cylindre sur un angle de 90° environ.

30 Au cours de l'opération de placage, la bande d'acier inoxydable subit un allongement de 8 % environ. L'excentration de la dorsale de solidifi- cation de l'aluminium est de 5 % environ, l'angle des dendrites est de 15° environ avec le plan médian.

35 L'adhérence des produits obtenus est bonne.

Exemple 2 :

De l'acier inoxydable ferritique AISI 434 de 0,4 mm d'épaisseur est

plaqué sur de l'aluminium 1050 de 2,6 mm d'épaisseur par coulée continue entre cylindres de 600 mm de diamètre. Après dégraissage, l'acier inoxydable est brossé à la brosse métallique de façon à obtenir une rugosité de l'ordre de 1 micron CLA, puis est placé dans l'intervalle de 0,6 mm environ entre le cylindre et l'extrémité de la busette d'alimentation de l'aluminium.

La feuille d'acier inoxydable enveloppe le cylindre sur un angle de 90° environ.

10

Au cours de l'opération de placage, la feuille d'acier inoxydable subit un allongement de 3 % environ. L'excentration de la dorsale de solidification de l'aluminium est de 5 % ; l'angle des dendrites est de 60° avec le plan médian.

15

L'adhérence des produits obtenus est bonne. Après un laminage à froid avec une réduction de 30 %, le produit est emboutissable.

Exemple 3 :

20 Du cuivre de 0,5 mm d'épaisseur est plaqué sur de l'aluminium 1050 de 6 mm d'épaisseur par coulée continue entre cylindres de 600 mm de diamètre. Après dégraissage, le cuivre est brossé à la brosse métallique de façon à obtenir une rugosité de 1,5 microns CLA, puis placé dans l'intervalle de 1 mm environ entre le cylindre et l'extrémité de la busette d'alimentation de l'aluminium.

25

La feuille de cuivre enveloppe le cylindre sur un angle de 30° environ.

30 Au cours de l'opération de placage, la feuille de cuivre subit un allongement de 10,5 % environ. L'excentration de la dorsale de solidification de l'aluminium est de 1 % environ ; l'angle des dendrites est de l'ordre de 30°.

35 L'adhérence des produits obtenus permet un relaminage à froid par passes successives jusqu'à une épaisseur de 3,25 mm, soit un taux de réduction de 45 %.

REVENDECATIONS

- 1°/ Procédé de placage d'une bande d'épaisseur comprise entre 0,1 et 1 mm d'un métal présentant une résistance mécanique et un point de fusion sensiblement plus élevés que l'aluminium sur une face au moins d'une bande d'aluminium ou d'alliage d'aluminium d'épaisseur comprise entre 1,5 et 20 mm par coulée continue de l'aluminium entre des cylindres parallèles espacés, au moyen d'une busette de profil aplati de largeur égale à la bande à couler, placée au voisinage des cylindres, la bande à plaquer étant interposée entre le ou les cylindres et l'aluminium liquide, caractérisé en ce que
- 10 a) la bande de métal de placage est au contact du cylindre sur au moins la portion comprise entre la génératrice la plus proche de l'extrémité de la busette et la génératrice située dans le plan des axes des cylindres et, de préférence, sur un arc de contact supérieur à 30°,
b) le jeu entre la busette et le cylindre entraînant le métal de placage
15 est inférieur à l'épaisseur de la bande de placage augmentée de 1 mm,
c) la vitesse de coulée est telle que l'allongement du métal de placage est supérieur à 1 % et inférieur à celui de l'aluminium une fois solidifié.
- 2°/ Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la bande de
20 placage est abrasée, par exemple par brossage, sur la face devant adhérer à l'aluminium avant l'introduction dans la zone de coulée.
- 3°/ Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'opération de brossage précède immédiatement la coulée.
- 25 4°/ Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la bande composite est laminée à froid après refroidissement.
- 5°/ Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé
30 en ce que le métal de placage est un alliage cuivreux.
- 6°/ Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le métal de placage est l'acier inoxydable
- 35 7°/ Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'allongement

de l'acier inoxydable entre les cylindres de coulée est compris entre 3 et 10 %.

8°/ Bande composite constituée d'une épaisseur d'aluminium coulé comprise
5 entre 1,5 et 20 mm et d'un placage sur une face au moins, d'épaisseur
comprise entre 0,1 et 1 mm d'un métal présentant une résistance mécanique
et un point de fusion sensiblement plus élevés que l'aluminium, caracté-
risée en ce que la section longitudinale de la bande d'aluminium pré-
sente des dendrites de solidification en forme d'arêtes de poisson dont
10 la direction moyenne par rapport au plan de la bande est inférieure à
85° et, de préférence, 75°.

9°/ Bande composite selon la revendication 8, comportant une seule face
plaquée, caractérisée en ce que les sommets des dendrites de solidifica-
15 tion sont distants du plan médian de la couche d'aluminium de moins de
10 % de la demi-épaisseur de cette couche.

10°/ Bande composite selon l'une des revendications 8 et 9, caractérisé
en ce que son épaisseur est comprise entre 1,5 et 6 mm.

-1/2-

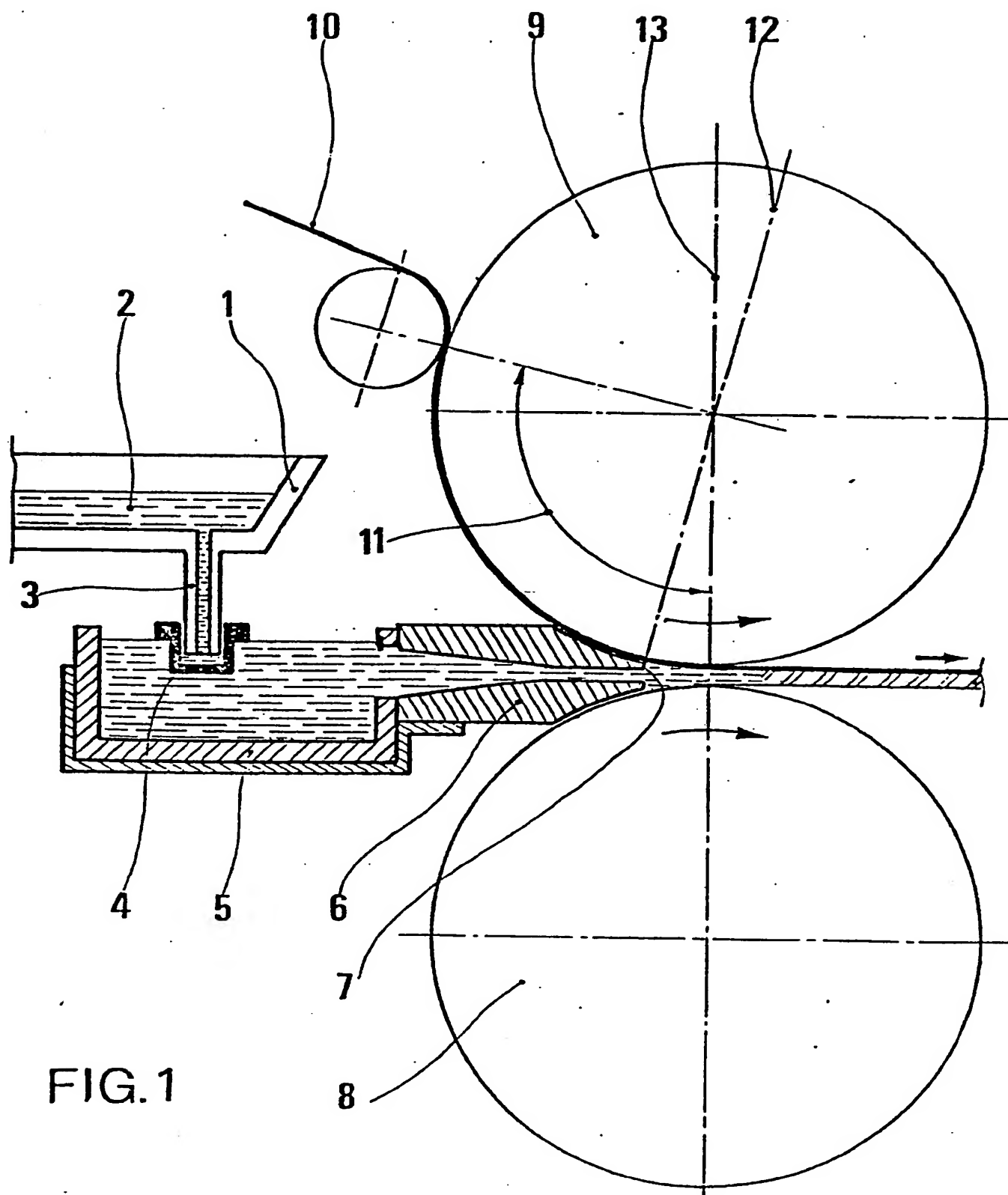


FIG. 1

- 2/2 -

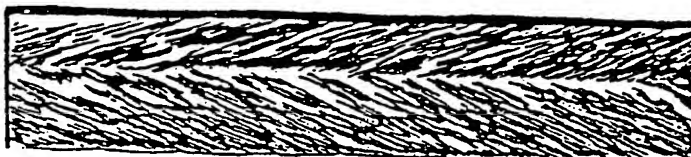


FIG. 2



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. C13)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
D	<p>FR - A - 1 364 758 (COMP. GENERALE du DU RALUMIN et du CUIVRE)</p> <p>* Page 1, colonne de gauche, lignes 22-31, colonne de droite, lignes 6-13; page 2, colonne de gauche, lignes 8-64 *</p> <p style="text-align: center;">----</p>		B 22 D 11/06
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.)
			<p>B 22 D 11/06</p> <p>B 22 D 11/00</p> <p>B 21 B 13/20</p> <p>B 23 K 20/22</p>
			CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES
			<p>X: particulièrement pertinent</p> <p>A: arrière-plan technologique</p> <p>O: divulgation non-écrite</p> <p>P: document intercalaire</p> <p>T: théorie ou principe à la base de l'invention</p> <p>E: demande faisant interférence</p> <p>D: document cité dans la demande</p> <p>L: document cité pour d'autres raisons</p>
			&: membre de la même famille, document correspondant
<p><input checked="" type="checkbox"/> Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications</p>			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 21-09-1979	Examineur SCHIMBERG